

プロジェクト名：実行可能 UML に基づく組込みシステムネットワーク設計に関する研究

プロジェクト代表者：吉田 紀彦（総合情報基盤機構・教授）

1. 研究目的

組込みシステムは、携帯電話やデジタル家電から自動車などまで、様々な機器に制御用に内蔵され、産業界で大きな重要性を持つ。ハードウェアとソフトウェアが密接に連携して動作することから、両者の設計を統合的に並行して進める必要があり、システムの複雑化と大規模化に伴って設計の困難さが増大している。一方で、近年の商品サイクルの短縮化に因應しなければならないため、設計プロセスの効率化が急務となっている。そこで、ハードウェア・ソフトウェアの効率的な統合設計を目指して「システムレベル設計」と呼ばれる方法論が提唱されて、実用化され始めている。しかし、第1に、SpecC、SystemC、SystemVerilog など記述言語（一種のプログラミング言語）に依存しており、真の汎用性と利便性に欠ける。第2に、すでに自動車などは、数十の組込みシステムをネットワーク接続した組込みシステムネットワーク（分散組込みシステムともいう）を搭載するようになってきており、そのような形態にも対応する必要がある。

第1の課題に向けては、「実行可能 UML」という抽象度の高い記述形式を用いる方法論が提唱されて、有効性が実証されつつある。しかし、第2の課題を包含するまでには至っていない。本研究では、「車載ネットワーク」と総称される自動車内の組込みシステムネットワークを特に取り上げ、記述言語依存レベルでの我々自身の研究成果を実行可能 UML で抽象化して再構成し、システムレベル設計を高度化することを目指した。これにより、記述言語に依存しない真の汎用性を、今後一層の重要性を増すことが確実な組込みシステムネットワークの設計においても実現することを図った。

2. 研究内容

本研究では、アスペクト指向技術を適用した実行可能 UML を用いて、組込みシステムネットワーク設計における抽象通信モデルの記述、モデルの段階的具體化の定式化を行った。

実行可能 UML (Executable UML) とは UML にアクション言語とモデルコンパイラを追加したモデリング言語である。モデルは静的側面を表すクラス図、動的側面を表す状態チャート図を中心に構成され、その振舞いはアクション言語で記述される。アクション言語は厳密なセマンティクスに則っており、モデルコンパイラによって実行可能、したがって検証可能になっている。

アスペクト指向とは、ソフトウェアの中に散在している関心事（横断的関心事）を他の関心事から分離してモジュール化する技術である。関心事とはソフトウェア設計やプログラミングの際に抽出される処理やデータを指す。横断的な関心事は、オブジェクト指向ではモジュール化することが困難であった。アスペクト指向では、このような横断的関心事をアスペクトとして記述することによりモジュール化する。

ネットワークの通信モデルは、大きくイベントトリガ型とタイムトリガ型の2つに分類される。イベントトリガ型モデルでは、データの送信タイミングは送信モジュールに委ねられており、送信モジュールは任意に送信できる。しかし、データの衝突を回避するための機構（アービタ）が必要となる。一方、タイムトリガ型モデルでは、モジュールは通信の管理を行うスケジューラに従って通信を行う。データの衝突が起きないため、リアルタイム性を重視するシステムに適している。

イベントトリガ型モデルとタイムトリガ型モデルはそれぞれ、さらに集中型と分散型に分類することができる。集中型モデルでは、モジュール間の通信をネットワーク中の唯一のアービタもしくはスケジューラで管理する。分散型モデルでは、各モジュールがそれぞれアービタもしくはスケ

ジューラを持ち、通信の管理を行う。集中型モデルは構造が単純で実装が容易である。一方、分散型モデルは設計が複雑になるが、高速な通信が可能となる。例えば、組み込みシステムネットワークの代表例である車載ネットワークでは、CAN (Controller Area Network) はイベントトリガ分散型モデル、LIN (Local Interconnect Network) はタイムトリガ集中型モデル、FlexRay はタイムトリガ分散型モデルになる。

通信モデルの設計実装は、最も抽象度の高い通信モデルである仕様モデルから始める。仕様モデルではデータの送信モジュールと受信モジュールは抽象的なチャンネル介して通信する。この段階では通信プロトコルなどは考慮しない。次に、仕様モデルをイベントトリガ型モデルかタイムトリガ型モデルのどちらか一方に具体化する。引き続き、この2つの通信モデルを、集中型モデルか分散型モデルのどちらかに具体化する。

3. 研究成果

本研究では、具体化の各段階をアスペクトの系列で記述することで、具体化手順の定式化を行った。そして、アスペクト系列を実行可能 UML モデルに自動適用することで、モデル具体化プロセスの自動化を可能にした。例えば、仕様モデルからイベントトリガ型モデルへの変換は 48 個のアスペクト、仕様モデルからタイムトリガ型モデルへの変換は 32 個のアスペクトで記述できる。

このように設計を段階的に行うことにより、設計者はアプリケーションに適したモデルの設計・選択が容易となる。また、段階的にモデルの検証を行うことで、ミスが下流設計に入り込むことを防止できる、さらに、段階ごとの部品化が可能になり、設計資産の再利用性の向上にもつながる。

関連外部資金

1. 文部科学省科学研究費 特定領域「情報爆発 IT 基盤」公募研究, 「大規模分散情報共有・配信に向けた適応型ピアツーピアシステムの研究」, 平成 21~22 年度, 5,900,000 円 (平成 18 年度から 5 年間の研究課題だが 1~2 年毎に採否審査あり)
2. 共同研究、(株) カルソニックカンセイ、「車載向けソフト仕様書記述方式の研究と有効性実証」, 平成 21 年 3 月~平成 22 年 3 月、1,500,000 円
3. 奨学寄附金、(株) 半導体理工学研究センター, 平成 20 年度, 250,000 円
4. 奨学寄附金、日本信号 (株)・埼玉大学包括連携協定 (コア研究室)

以下は継続:

5. 日本学術振興会科学研究費 基盤研究 (B)(一般), 「高信頼性ピアツーピアネットワークの構築に関する研究」, 平成 20~22 年度, 7,500,000 円

関連業績

- 書籍 (分担執筆): 1 編
- 学術誌論文 (採録決定を含む): 8 編
- 国際会議招待論文 (ACM): 1 編
- 国際会議等論文 (全文査読): 9 編
- 学会発表: 4 編
- 解説記事: 1 編